

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 03108079 A

(43) Date of publication of application: 08.05.91

(51) Int. Cl. G06F 15/70
G06F 15/70
G06K 9/62

(21) Application number: 01245507

(71) Applicant: RICOH CO LTD

(22) Date of filing: 21.09.89

(72) Inventor: NISHIDA HIROFUMI

(54) LINE DRAWING CHARACTERISTIC EXTRACTION AND RECOGNITION METHOD

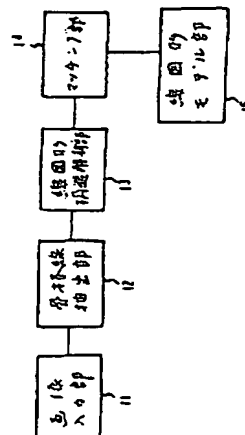
the off-line recognition to the method of on-line, the recognition is facilitated and the recognition rate is improved.

(57) Abstract:

COPYRIGHT: (C)1991,JPO&Japio

PURPOSE: To facilitate the recognition processing and the recognition rate by analyzing the structure of a singular point of a curve so as to extract a simulating stroke flow of the curve thereby attaining the analysis of a hand-written line graph close to the intuition of human being.

CONSTITUTION: A skeleton line extraction section 12 receives digital picture information from a picture input section 11 to extract a skeleton line and a line drawing structure analysis section 13 selects a point to be a singular point in which the number of connected line elements of the skeleton line is *3, the singular point depending on its structure is decomposed to obtain plural stroke components. Then a matching section 14 takes matching with a standard model registered by a line drawing model section 15 depending on the structure of the singular point obtained by the analysis section 13 and the relation of connection of the stroke components thereby recognizing the inputted line drawing. Thus, the simulating stroke flow of a curve is extracted by the analysis of the structure of the singular point in such a way to approach the method of



⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

平3-108079

⑬ Int. Cl.⁹

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 平成3年(1991)5月8日

G 06 F 15/70

4 6 0 B

8071-5B

G 08 K 9/62

3 3 0 C

9071-5B

6942-5B

審査請求 未請求 請求項の数 4 (全13頁)

⑯ 発明の名称 図形特徴抽出及び認識方法

⑰ 特 願 平1-245507

⑱ 出 願 平1(1989)9月21日

⑲ 発 明 者 西 田 広 文 東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内
 ⑳ 出 願 人 株式会社リコー 東京都大田区中馬込1丁目3番6号
 ㉑ 代 理 人 弁理士 鈴木 誠

明 細 書

1. 発明の名称

図形特徴抽出及び認識方法

2. 特許請求の範囲

- (1) 入力された図形から特徴点を抽出し、図形特徴点上の、特徴する図形(値)の値が3以上の点を特徴点とし、特徴点間の距離により特徴点を分類して図形のストローク成分を得、特徴点間の距離とストローク成分の図形特徴により図形を特徴付けることを特徴とする図形特徴抽出方法。
- (2) 請求項(1)記載の図形特徴抽出方法において、特徴点を分類して得られたストローク成分を、点線な曲線成分(以下、プリミティブという)の近傍よりなるプリミティブ系列とし、その系列要素の組合せと、系列要素間の図形関係及び特徴点での系列要素の図形関係などの、系列要素間の2項関係を求めて図形を特徴付けることを特徴とする図形特徴抽出方法。
- (3) 各図形のカテゴリのモデルを、請求項(2)

に記憶の曲線のプリミティブ系列要素と要素間の2項関係で記述し、入力図形から求めた系列要素とその2項関係との関係認識マッチングによって当該入力図形を認識することを特徴とする図形認識方法。

- (4) 請求項(3)記載の図形認識方法において、入力図形が複数のカテゴリに適合した場合、曲線の形状を認識するパラメータを適宜抽出し、適応的に統計的認識を施すことによって、カテゴリ候補を絞り込むことを特徴とする図形認識方法。

3. 発明の扉面を説明

【産業上の利用分野】

本発明は図形の特徴抽出及び認識方法に係り、特に手書き文字や手書き図面などの手書き図形のオフライン認識処理に好適な図形特徴抽出及び認識方法に関する。

【従来の技術及びその問題】

オフラインの手書き文字や図面認識技術の研究は古くから行われているが、その技術開発を阻

特開平3-108079 (2)

にしている第一の理由は、図形のパターンの多岐多岐にある。

従来から、手書き図形の特徴抽出や認識処理には曲線解析や特徴解析を中心に様々な手法が提案されてきたが、いずれの手法も座標系の設定に強く依存する特徴パラメータベクトルを用いて決定を下すために、解析の前に正規化によって、座標系への依存性を減らすことが必要不可欠であった。そのため、正規化がうまく作用しないと、特徴パラメータベクトルが大幅にばらばらになり、認識や検索をもちたす問題があった。

このような問題に対処する方法の一つに、座標系の方向の設定にのみ依存し、計量の取り方に依存しない座標相対的方法がある（例 後二：手書き文字の非計量モデル、電子情報学論文集、Vol. J62-D、No. 10、pp. 641-646、1979年10月）。この方法は、曲線のプリミティブ系列を与え、点（ストローク）によって形成される閉曲線の領域を面的に解析するものである。しかし、プリミティブ系列の計量方法が正確で、位

置が正確であることや、系列要素同士の特徴規則が明確でないこと、さらに重要なこととして、写像の特徴は人間の直感をうまく反映したものではないために、図形の大まかな手書き文字を認識できないという問題点があった。

本発明の目的は、上記問題を解決し、より人間の直感に近い手書き図形の解析を可能にして、認識処理の容易性、認識率の向上を図ることにある。

【問題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、請求項(1)は、入力された図形から骨格線を抽出し、骨格線路上の、接続する頂点（接点）の数が3以上の点を特徴点とし、随時頂点の稠密により特徴点を分類して直線のストローク成分を、特徴点の稠密とストローク成分の接続関係により図形を特徴付けることを特徴とする。

請求項(2)は、特徴点を分類して得られたストローク成分を、単純な曲線初級要素（以下、プリミティブという）の道順よりなるプリミティブ系

列とし、その系列要素の組合せと、系列要素間の接続関係及び特徴点での系列要素の接続関係などの、系列要素間の2項関係を求めて図形を特徴付けることを特徴とする。

請求項(3)は各図形のカテゴリのモデルを、請求項(2)に記述の曲線のプリミティブ系列要素と要素間の2項関係で記述し、入力図形から求めた系列要素とその2項関係との関係値をマッチングによって当該入力図形を認識することを特徴とする。

請求項(4)は、入力図形が図形のカテゴリに適合した場合、曲線の形状を特徴するパラメータを抽出し、面的に面的認識を施すことによって、カテゴリ識別を取り込むことを特徴とする。

【作用】

請求項(1)では、より人間の直感に近い手書き図形の解析のために、特徴点の稠密の解析により、曲線の類似的なストロークの総れ（骨格線）を抽出する。これにより、オフライン認識の手法

を、オンラインのものに近付けることによって、認識を容易にし、かつ、認識率を向上させることができる。

従来のプリミティブ系列の構成方法は、座標系を基盤としているため、直線で、高次のものへの拡張が容易ではなかった。また、系列要素同士の接続規則が明確でないため、曲線稠密の表現が正確であるという欠点があった。請求項(2)では、より正確で、高次のものへの拡張が容易な、曲線のプリミティブ系列の構成法を与え、さらに、系列要素同士の明確な接続規則を与える。また、特徴点でのプリミティブ系列要素の稠密を解析する方法を与えることによって、点と線による双対的な座標相対的曲線初級要素解析により図形を特徴付けることができる。

請求項(3)では、特徴点の分類と座標相対的曲線初級要素解析により、ストロークの総れを導出し、しかも、座標系にのみ依存し特徴パラメータベクトルに依存しない、単純な初級要素図形認識法を提供できる。これは、正規化処理を必要とせず、位

特開平3-108079 (3)

置ずれにも影響されないで、変形の大なる文字をも認識できることを意味する。

図求項(4)では、単位相的曲線抽出だけでは識別できないパターンに対して、適応的に曲線形状を記述するパラメータを抽出して、統計解析を行い、階層的に計量的パラメータを認識処理に取り入れることにより、認識率を向上させることができる。

【実施例】

以下、本発明の一実施例について図面により説明する。

第1図は本発明の一実施例のブロック図である。図像入力部11はスキャナなどからなり、手書きの文字や図面等の図像形を読み取る。骨格抽出部12は図像入力部11からのディジタル図像情報を入力して骨格線を抽出する。図形抽出部13は骨格抽出部12からの骨格線情報を入力して曲線抽出の解析等を行い、図形の特徴を抽出する。図形モデル部15には図形の図形モデル(特徴)があらかじめ登録されている。マ

ッチング部14は、図形抽出部13で得られた入力図形の特徴と図形モデル部15の図形モデルとのマッチングをとり、入力された図形を認識する。以下では、図形抽出部13、及び、それに四辺のあるマッチング部14と図形モデル部15について詳述する。

図形抽出部13:

第2図は図形抽出部13の処理手順を示したものである。図形抽出部13の処理は特徴点の抽出と曲線抽出の解析に大別される。

特徴点の抽出

特徴点の抽出処理では、曲線の特徴点の抽出と解析し、特徴点を抽出して特徴のストローク成分を得る。

(1) 特徴点の分類

骨格抽出部12からの出力は、区分的線分(折れ線)表現された曲線であるとする。これは、方向グラフ $G = (V, E)$ で記述される。ただし、 V は点の集合で、 E は線の集合である。すなわち、 E は V^2 の部分集合で、 (v, w) が E の要素で

あり、かつ、その時に限り、2点 v と w の間に、辺が存在するものとし、 E の2要素 (v, w) と (w, v) は、同一視される。また、グラフ $G = (V, E)$ は、単純なグラフ(自己閉路と、並列辺を含まない)とする。さらに、 V の各々の要素 v に対して、座標関数 $\text{coord}: V \rightarrow \mathbb{R}^2$ が定義される。 $\text{coord}(v)$ は v の座標を表す。

上記方向グラフ $G = (V, E)$ において、その点における次数(接続する線の数)が3以上の V の要素を G の特徴点と呼ぶ。例えば、骨格抽出部12のからの骨格化図形を第3図とした場合、 p, q, r がそれぞれ特徴点である。ここで、

(a) と (b) 図における特徴点 p, q の次数は4であり、(c) 図における特徴点 r の次数は3である。

それぞれの特徴点 v に対し、新たに、 $\text{coord}(v_i) = \text{coord}(v)$, $i = 1, 2, \dots, n$ (n は v の次数)を拘たす。 n 回の点 v_1, v_2, \dots, v_n を逐次入力する。次に、 v に接続する n 回の点 w_1, w_2, \dots, w_n に対して、新たに、線 (v_i, w_j)

($i = 1, 2, \dots, n$) を付加し、点 v を除去する。点 v_i ($i = 1, 2, \dots, n$) は、 v と同じ座標を持つが、それぞれ異なる点と見なされる。この操作によって、入力グラフ G は、初等値な道(同じ点と枝を一巡しか通らない閉なパス)から成る道成分に分解される。第4図は、これを示したもので、(a) 図は図3の図形 v の例であり、図形 v は、(b) 図のように v_1, v_2, v_3, v_4 に分解される。なお、(c) 図は曲線の特徴点の分解結果を示したものである。

(2) 特徴点の分解

分解された特徴点 v について、 $\text{coord}(v) = (x_0, y_0)$ 。また、 v に接続する n 回の点 w_i ($i = 1, 2, \dots, n$) に対して、 $\text{coord}(w_i) = (x_i, y_i)$ とする。 $I = \{1, 2, \dots, n\}$ として、 I の2つの要素 i, j ($i < j$) に対して、ベクトル $(x_i - x_0, y_i - y_0)$ と $(x_j - x_0, y_j - y_0)$ の余弦を計算し、 $\cos \theta_{ij}$ が最小になる i, j の組を i_0, j_0 ($i_0 < j_0$) とする。この i_0 と j_0 に対して、2点 v_{i_0} と v_{j_0} を同一視

特開平3-108079 (4)

する。即ち、点 (v_{10}, w_{10}) を (v_{10}, w_{10}) でおきかえて、 v_{10} を除去する。つぎに、 I を $I - (i_0, j_0)$ でおきかえて、同様の操作を行い、 I を $I - (i_0, j_0)$ で再帰的に区間換えながら、 I の大きさが1以下になるまで、繰り返す。この操作の終了時には、 v は $\lfloor n/2 \rfloor$ ($\lfloor r \rfloor$ は r 以上の整数で、最小のもの) 個の点に分解され、また、入力グラフ G は、初等的な辺、または、初等的に閉路 (同じ点と枝を一度しか通らない閉な閉路) から成る連結成分に分解される。入力グラフ G にこのような操作を施すことによって得られるグラフを、 G のストロークグラフとよび、その各々の連結成分をストローク成分と呼ぶ。図度 n の特異点は、 $\lfloor n/2 \rfloor$ 個のストローク成分から構成される。第4図 (c) は、(b) 図の v と v 、あるいは v と v を結合して特異点を形成することを示している。

図3図の各図形 (入力グラフ) について上記の手段を施し、特異点を形成することにより、図5図のようなストロークグラフが得られる。即

ち、図5図 (a) は第3図 (a) の特異点 p が a_1 と a_2 に、図5図 (b) は第3図 (b) の特異点 q が b_1 と b_2 に、図5図 (c) は第3図 (c) の特異点 r が c_1 と c_2 に、それぞれ分解されることを示している。

曲線形成の解析

曲線形成の解析処理では、ストロークグラフを構成する各ストローク成分を、単純な曲線形成要素 (プリミティブ) の連続 (プリミティブ系列) によって表現し、系列要素の組合せと系列要素間の接続関係、及び、特異点での系列要素の接続関係などの、系列要素間の2項関係により、図形の特徴を曲線形成として記述する。

(1) 曲線のプリミティブ

x, y 単調曲線とは、その曲線に沿って進むと x に、 x , y 両極値が共に、常に非増加であるか、または、非減少である曲線である。ある x, y 単調曲線の2つの端点の座標をそれぞれ $P(x_0, y_0)$ と $Q(x_1, y_1)$ (ただし、 $x_0 < x_1$ 、または $(x_0 = x_1 \text{ かつ } y_0 < y_1)$) とすると Q 、 P を曲線の

head (先端)、 Q を曲線の tail (末尾) とよび、 $y_0 = y_1$ であるものを y 一定曲線、 $(x_0 - x_1) \times (y_0 - y_1) > 0$ であるものを x, y 共変曲線、 $x_0 = x_1$ であるものを x 一定曲線、また、 $(x_0 - x_1) \times (y_0 - y_1) < 0$ であるものを x, y 反変曲線とよぶ。第6図に x, y 単調曲線の一例を示す。(a) は y 一定曲線で、これは水平成分 (以下、"-" で示す) にほかならない。(b) は x, y 共変曲線の例で、右上がり左下がり曲線 (以下、"/" で示す) である。(c) は x 一定曲線で、これは垂直成分 (以下、"|" で示す) にほかならない。(d) は x, y 反変曲線の例で、左上がり右下がり (以下、"\ " で示す) である。

(2) プリミティブの組合

これら4種のプリミティブの組合により、さらに、高次のプリミティブを定義する。そのために、プリミティブの所属組合則を導入する。今、 x, y 単調曲線でない曲線上に、曲線を位置する2個の位置の点 a と b を見いだすことができ、かつ、互いに1つが他を含むないとする。これら

2つの x, y 単調曲線をそれぞれ a , b とする。ただし、 P を a と b の両方に含まれる点、 Q と R は P のある近傍の中の任意の点で、 Q は a のみに含まれる点、 R は b のみに含まれる点として、

$\text{coord}(P) = (x_p, y_p)$, $\text{coord}(Q) = (x_q, y_q)$, $\text{coord}(R) = (x_r, y_r)$ としたとき、ベクトル $(x_q - x_p, y_q - y_p)$ と $(x_r - x_p, y_r - y_p)$ の外積が正、すなわち

$$(x_q - x_p) \times (y_r - y_p) - (x_r - x_p) \times (y_q - y_p) > 0$$

であるものとする。この仮定の下で、 a と b の組合 $a \rightarrow b$ を以下のように定義する。ただし、 A , B を "/", "\ ", "|", "-" のいずれか、また α , β を、head と tail のいずれかとするとき、

記号 $[A, \alpha, B, \beta]$ は、 a の性質が A で、 b の性質が B であり、 a の α と b の β で、 a と b が組合していることを表す。

(規則1)

$[/, \text{head}, \backslash, \text{tail}]$, $[/, \text{head}, \backslash, \text{tail}]$, $[/, \text{head}, |, \text{head}]$,

または、 $[/, \text{head}, /, \text{head}]$ のとき

特開平3-108079 (5)

$$a \xrightarrow{1} b \quad (\text{下向き の 凸 を 表す})$$

(規則 2)

$[\backslash, \text{head}, /, \text{head}]$, $[\backslash, \text{head}, -, \text{head}]$, $[-, \text{head}, /, \text{head}]$,
または, $[\backslash, \text{head}, \backslash, \text{head}]$ のとき

$$a \xrightarrow{2} b \quad (\text{左向き の 凸 を 表す})$$

(規則 3)

$[/, \text{tail}, \backslash, \text{head}]$, $[/, \text{tail}, /, \text{tail}]$, $[/, \text{tail}, \backslash, \text{head}]$,
または, $[/, \text{tail}, /, \text{tail}]$ のとき

$$a \xrightarrow{3} b \quad (\text{上向き の 凸 を 表す})$$

(規則 4)

$[\backslash, \text{tail}, /, \text{tail}]$, $[\backslash, \text{tail}, -, \text{tail}]$, $[-, \text{tail}, /, \text{tail}]$,
または, $[\backslash, \text{tail}, \backslash, \text{tail}]$ のとき

$$a \xrightarrow{4} b \quad (\text{右向き の 凸 を 表す})$$

第7図は2つのプリミティブの組合を説明する図である。即ち、2つのプリミティブ a 、 b は、ベクトルの組 (PPa, PPb) が右手系をなす向きに組合 ($a \xrightarrow{j} b$) する。ここで、 P は a と

$$a \xrightarrow{j_0} a_0, a_0 \xrightarrow{j_1} a_1, \dots, a_{n-1} \xrightarrow{j_n} a_n \quad (1)$$

ただし、

$$b \xrightarrow{j_0} a_0, j_0 = 1, 2, 3, 4$$

$$a_n \xrightarrow{j_{n+1}} a, j_{n+1} = 1, 2, 3, 4$$

となる。 b 、 a は存在しないとする。

2個以上の xy 単閉曲線が抽出され、かつ、上の性質を満たす系列(1)がないときには、この曲線にラベル $\langle 0, 0 \rangle$ を与える。例えば、円はラベル $\langle 0, 0 \rangle$ をもつとする。

2個以上の xy 単閉曲線が抽出され、かつ、ラベル $\langle 0, 0 \rangle$ をもたない任意の曲線は、(1)式の形をした、いくつかの区間に分割される。その各々を po 区間と呼び、(1)式で表わされる po 区間において、 a_i をそれぞれ $branch$ と呼び、特に、 a_0 を $head\ branch$ 、 a_n を $tail\ branch$ とよぶ。また、 po 区間の端点で、 $head\ branch$ にあるものを h -端点、 $tail\ branch$ にあるものを t -端点とよび、端点以外の点を内点と呼ぶ。この $n +$

b の交点上にとられた点、 Pa 、 Pb はそれぞれ a 、 b 上の点で、 Pa は先の a に、 Pb は b に対応する。

第8図乃至第11図に前記規則1~4が適用される例を示す。第8図は規則1 ($a \xrightarrow{1} b$) が適用される場合、第9図は規則2 ($a \xrightarrow{2} b$) が適用される場合、第10図は規則3 ($a \xrightarrow{3} b$) が適用される場合、第11図は規則4 ($a \xrightarrow{4} b$) が適用される場合をそれぞれ示している。

(5) 曲線のプリミティブ系列

以上のように組合則を定めると、任意の曲線上で、その曲線を分割し、かつ、互いに1つが他を含まないような xy 単閉曲線を抽出し、上記の組合則によって、プリミティブの系列を形成することが出来る。即ち、組合 $a \xrightarrow{j} b$ を有向ネットワークとみなすと、抽移則を適用することによって、次のような系列を生成することが出来る。

1個の xy 単閉曲線からなる系列に対して、次のような規則でプリミティブ系列のラベル (po ラベルと呼ぶ) $\langle po, id \rangle$ を与える。

$$po = (n+1) + L + M \quad (2)$$

$$id = j_1 \quad (3)$$

ただし、

$$L = (a_i \text{ と } a_{i+1} (i=0, 1, \dots, n-1))$$

の性質が同じ

$$j_1 \text{ (組合 } a_1 \xrightarrow{j_1} a_{1+1} \text{ の数)}$$

$$M = (\text{性質が "1" または "0" である } a_i, i=1,$$

$$2, \dots, n-1 \text{ の数})$$

また、その曲線から xy 単閉曲線が1個だけ抽出されると、 $-$ にラベル $\langle 1, 1 \rangle$ 、 $/$ にラベル $\langle 1, 2 \rangle$ 、 $|$ にラベル $\langle 1, 3 \rangle$ 、そして、 \backslash にラベル $\langle 1, 4 \rangle$ を与える。この場合、 h -端点、 t -端点は、それぞれ、 xy 単閉曲線の $head$ 、 $tail$ と定義され、 $head\ branch$ 、 $tail\ branch$ は定義されない。

具体例として、第3図の例について po ラベル

特開平3-108079 (6)

の付与手順を以下に説明する。

第3図の(a), (b), (c)について、ストローク成分のプリミティブ(xy座標)への分解を示すと、第12図のようになる。ここで、 $A_0, A_1, A_2, B_0, B_1, C_0, C_1, C_2$ は“/”のタイプ、他は“\”のタイプである。第12図より、プリミティブの組合は、

$$\begin{aligned} A_0 \xrightarrow{3} A_1, A_1 \xrightarrow{4} A_2, A_0 \xrightarrow{1} A_2, A_2 \xrightarrow{2} A_0, A_0 \xrightarrow{3} A_1, \\ B_1 \xrightarrow{2} B_0, \\ C_1 \xrightarrow{2} C_0, C_0 \xrightarrow{4} C_1, C_1 \xrightarrow{1} C_0 \end{aligned}$$

となる。これより、次の(1)~(6)のプリミティブ系列列(ポラリティ)が得られる。

- (1) $A_0 \xrightarrow{3} A_1 \xrightarrow{4} A_2 \xrightarrow{1} A_2 \xrightarrow{2} A_0 \xrightarrow{3} A_1$
- (2) $B_1 \xrightarrow{2} B_0$
- (3) $B_0 (/)$
- (4) $C_1 \xrightarrow{2} C_0$
- (5) $C_1 \xrightarrow{4} C_0 \xrightarrow{1} C_0$

(6) $C_0 (/)$

従って、ポラリティは、各々(1)が<6, 3>、(2)が<2, 2>、(3)が<1, 2>、(4)が<2, 2>、(5)が<3, 4>、(6)が<1, 2>となる。

別の具体例として、ポラリティが<5, 1>を持つ曲線の例を第13図に示す。(a)は $L=0$ 、(b)と(c)はそれぞれ $L=1$ と $L=2$ 、(d)は $M=1$ の場合である。(b)では、(a)におけるプリミティブ2が、そして、(c)では、(a)におけるプリミティブ2と4がない。一方、(d)では、(a)におけるプリミティブ2と4が、適宜のプリミティブに併合されている。さらに特殊な場合として、ポラリティが<0, 0>を持つ曲線の例を第14図に示す。即ち、第14図のように、プリミティブ系列が

$$\dots \xrightarrow{4} D_0 \xrightarrow{1} D_1 \xrightarrow{2} D_0 \xrightarrow{3} D_0 \xrightarrow{4} D_0 \xrightarrow{1} D_1 \xrightarrow{2} \dots$$

のような巡回列になるときは、その曲線は、ポラリティ<0, 0>をもつとする。

(h) ポラリティの接続(特開パラメータC)

特異点の近傍で形成されたストローク成分は、初等的な道又は初等的な閉路であるから、ポラリティのつながり(リスト)で形状を表現することが出来る。ラベル<po, id>, <po, id>をそれぞれもつ、2つのポラリティpo, idの接続には、次の2つの場合がある。

(h-接続) : $id_0 - id_1 \equiv 2 \pmod{4}$ で、 po_0 のhead branchと po_1 のhead branchが等しい。これを、

$$po_0 \xrightarrow{h} po_1 \quad (4)$$

と書く。ここで、hはhead(先端)を冠称する。

(t-接続) : $po_0 + id_0 \equiv po_1 + id_1 + 2 \pmod{4}$ で、 po_0 のtail branchと po_1 のtail branchが等しい。これを、

$$po_0 \xrightarrow{t} po_1 \quad (5)$$

と書く。ここで、tはtail(後尾)を冠称する。これを特開パラメータCとする。

分かり易くいうと、2つのストローク成分a, bのプリミティブ系列を

$$a : a_0 \xrightarrow{i_1} a_1 \xrightarrow{i_2} \dots \xrightarrow{i_n} a_n$$

$$b : b_0 \xrightarrow{j_1} b_1 \xrightarrow{j_2} \dots \xrightarrow{j_m} b_m$$

とし、aとbが接続していて、 a_0 と b_0 が同じプリミティブである場合、h-接続で $a_0 \xrightarrow{h} b_0$ と書く。 a_n と b_m が同じである場合、t-接続で $a_n \xrightarrow{t} b_m$ と書く。例えば、第12図(b)の場合、先の2つのポラリティ(4)と(5)、

$$(4) : C_1 \xrightarrow{2} C_0$$

$$(5) : C_1 \xrightarrow{4} C_0 \xrightarrow{1} C_0$$

は、系列の先端のプリミティブ C_1 を共有(接続)

するので、(4)-(5)である。

(v) 特異点の近傍とストローク成分の接続(特開パラメータS)

1番目のストローク成分から上記の方法によって得られたj番目のポラリティを po_j とする。入力グラフGの特異点の近傍を、それを形成するpo

要路の接続関係で表現する。2つの p 要素の端点での接続には、変遷をあらわす X 図（端点点がそれぞれの p 要素の内点となっている場合）と、 T 図（端点点が1つの p 要素の端点と、もう1つの p 要素の内点である場合）とがある。端点 v の初邊は、 v を含む $\alpha_{i,j}$ 間の二項関係で、次のように記述される。

$$[\alpha_{i,j}, \alpha] \stackrel{n}{=} [\alpha_{i',j'}, \beta] \quad (6)$$

ただし、 $n \in \{X, T\}$ は v における、 $\alpha_{i,j}$ と $\alpha_{i',j'}$ の接続状態を示し、“ X ”は変遷、“ T ”は T 図を幾す。 $\alpha, \beta \in \{h, t, “-”\}$ で、“ h ”はhead branch、“ t ”はtail branch、そして、“ $-$ ”はhead branchとtail branch以外のbranchを示す。これは、端点 v が、 $\alpha_{i,j}$ の α によって示されるbranchに含まれる点（または、 α -端点）と、 $\alpha_{i',j'}$ の β によって示されるbranchに含まれる点（または、 β -端点）とによって形成されることを幾す。さらに、これは、 v になったストローク成分間の接続状態を表現している。こ

α 要素(6)とによって、

$$[\alpha_{i,j}, t] \stackrel{T}{=} [\alpha_{i',j'}, h]$$

で表現される。

(vi) p 要素の重心間の位置関係
(特徴パラメータ R)

以上に述べた p 要素の接続規則と端点の初邊表現は、互いに接続している p 要素の二項関係を記述するものである。さらに、接続していない2つの p 要素、たとえば、入力グラフ G において、 v になったストローク成分に属するもの同士の間を重心間の位置関係で幾す。これを特徴パラメータ R として、次のような $\alpha_{i,j}$ 間の二項関係で記述する。

$$\alpha_{i,j} (r_{x,y}, r_{\theta}) \alpha_{i',j'} \quad (7)$$

ただし、 $r_{x,y}, r_{\theta}$ は“ $<$ ”, “ $>$ ”, “ $=$ ”で、それぞれ $\alpha_{i,j}, \alpha_{i',j'}$ の重心の x, y 方向の座標の大小を幾す。

図形モデル18:

ある文字カテゴリー I に対するモデル $M(I)$ は、

特徴パラメータ S とする。一般に、深度が m の端点 v 上には、 $\lfloor m/2 \rfloor$ 回のストローク成分が存在するので、 v の初邊は、 $\lfloor m/2 \rfloor \times (\lfloor m/2 \rfloor - 1) / 2$ 個以上の(6)の形式の二項関係で記述される。

図3図の例について特徴パラメータ S を記述すると、以下のようになる。

図3図(a)のグラフには、ラベル $\langle 6, 3 \rangle$ を持つ p 要素 α （第12図で説明した p 要素(1)）があり、

$$[\alpha, -] \stackrel{X}{=} [\alpha, -]$$

で表現される。図3図(b)のグラフには、ラベル $\langle 2, 2 \rangle$ を持つ p 要素 α （同 p 要素(2)）と、ラベル $\langle 1, 2 \rangle$ を持つ p 要素 α （同 p 要素(3)）があり

$$[\alpha_{i,j}, -] \stackrel{X}{=} [\alpha_{i',j'}, -]$$

で表現される。図3図(c)のグラフには、ラベル $\langle 2, 2 \rangle$ を持つ p 要素 α （同 p 要素(4)）と、ラベル $\langle 1, 2 \rangle$ を持つ p 要素 α （同 p

次のように定義される。

$$M(I) = (P, C, S, R, m_p, m_o)$$

ただし、 P は枝の集合で、 $p \in P$ は、

$$\langle 0, 0 \rangle \cup \langle p_o, l_d \mid l_d \in \{1, 2, 3, 4\}, p_o \text{ は自然数} \rangle$$

の部分集合で、枝 p に許容される、プリミティブ系列のラベルの集合である。

C は、2つの枝の間に成り立たなければならない p 要素接続の集合で、

$$C \subseteq \{p_i - p_j \mid p_i, p_j \in P, r \in \{h, t\}\} \quad (8)$$

ここで、式(8)において、

$$p_i - p_j (p_i, p_j \in P, r \in \{h, t\})$$

は、式(4)と(5)と同じ意味を持つ。

S は I の端点の初邊の集合で、

$$S \subseteq \{[\alpha_{i,j}, \alpha] - [\alpha_{i',j'}, \beta] \mid p_i, p_{i'} \in P, n \in \{X, T, XT\}, \alpha, \beta \in \{h, t, \emptyset\}\} \quad (10)$$

ここで、式(10)において、

$$[\alpha_{i,j}, \alpha] - [\alpha_{i',j'}, \beta] (p_i, p_{i'} \in P, n \in \{X, T\}, \alpha, \beta \in \{h, t\})$$

は、式(6)と同じ意味を持ち、また、

特開平3-108079 (8)

$$n = XT$$

は、X型、又は、T型の四方が併されることを示し、

$$a = \phi$$

は、その特異点が、 p_i の任意のbranchに含まれ、かつ、 p_i の内点であることを示す。

$$b = \phi$$

も、 p_i に対して、同様の意味を持つ。また、カテゴリ-1に存在する特異点を v_i ($i=1, 2, \dots, 0$)とし、 v_i の次数を m_i とする。さらに、

$$SV = \bigcup_{i=1}^0 (v_i^1, v_i^2, \dots, v_i^{m_i}), \quad (11)$$

ただし、

$$k_i = (m_i / 2) ((m_i / 2) - 1) / 2,$$

v_i^j は、2つのストローク成分 o_{i0}, o_{i1} の交点に対応し、 v_i^j と v_i^k ならば、 (o_{i0}, o_{i1}) と (o_{i0}, o_{i1}) とする。ここで、Sの図形と、SVの図形は1対1に対応している。

Rは2つの根の重心の位置関係の組合で、

m_0 も同様である。

第3図の例に対応するカテゴリ-「2」、「4」、「5」のモデルの例題例を示すと、以下の通りである。なお、 ϕ は任意のものが許されることを示している。

カテゴリ-2

$$P = \{0 : (53 \ 62 \ 71 \ 00)\}$$

$$C = \text{null}$$

$$S = \{[0 \ \phi] - [0 \ \phi]\}^X$$

$$R = \text{null}$$

カテゴリ-4

$$P = \{0 : (21 \ 30 \ 40) \ 1 : (11 \ 12 \ 13 \ 21 \ 22)\}$$

$$C = \text{null}$$

$$S = \{[0 \ \phi] - [1 \ \phi]\}^X$$

$$R = \{0 (\phi >) 1\}$$

カテゴリ-5

$$P = \{0 : (10 \ 11 \ 13) \ 1 : (21 \ 30) \ 2 : (23 \ 32 \ 33 \ 42 \ 42)\}$$

$$C = \{1 - 2\}^h$$

$$R \subseteq \{p_i(r_1, r_2) p_j \mid p_i, p_j \in P, r_1, r_2 \in (\langle, \rangle)\} \quad (12)$$

ここで、式(12)において、

$$p_i(r_1, r_2) p_j \ (p_i, p_j \in P, r_1, r_2 \in (\langle, \rangle))$$

は、式(7)と同じ意味を持ち、また、

$$r_1 = \phi$$

はx座標の大小関係が任意であることを示す。

$$r_2 = \phi$$

も、y座標に対して、同様の意味を持つ。

そして、 m_p, m_0 は、それぞれP, Sで定義された写像

$$m_p \rightarrow (0, 1) \quad (13)$$

$$m_0 \rightarrow (0, 1) \quad (14)$$

であり、図形対応となる図形(入力グラフGを(V, E)を、図形形初遊解析部13で解析した図形、それに対応するものが必ず存在しなければならないのか(必須型)、又は、どちらでもないのか(選択的型)を示す。必須型である $p \in P$ に対しては、 $m_p(p) = 1$ 。そして、選択的型である $p \in P$ に対しては、 $m_p(p) = 0$ である。

$$S = ([0 \ h] - [1 \ c])^T$$

$$R = (0 (\phi >) 1)$$

マッチング部14:

入力グラフGを図形形初遊解析部13で解析した図形得られる p_0 図形の集合を $P_0 = \{o_1, o_2, \dots, o_m\}$ とし、 o_i ($i=1, 2, \dots, m$)の p_0 ラベルを、 o_{0i} (o_i)で表す。また、入力グラフGに存在する特異点を v_i ($i=1, 2, \dots, 0$)とし、 v_i の次数を m_i とする。さらに、

$$S_0 = \bigcup_{i=1}^0 (v_i^1, v_i^2, \dots, v_i^{m_i}) \quad (15)$$

ただし、

$$k_i = (m_i / 2) ((m_i / 2) - 1) / 2$$

とし、 v_i^j は、式(11)と同様の意味を持つとする。

モデルM(1)とのマッチングは、以下の条件を満たす写像

$$f : P \rightarrow P_0 \cup (\phi) \quad (16)$$

と全射

$$g : S \rightarrow S_0 \cup (\phi) \quad (17)$$

特開平3-108079 (9)

を求める問題に定式化される。

(条件1) 任意の $\alpha \in P_0$ に対して、

$$\delta_{\alpha\alpha}(f(p)) \in P$$

が成立する。

(条件2) $m_p(p) = 1$ であるような任意の $p \in P$ に対して、

$$f(p) \neq \emptyset.$$

が成立する。

(条件3) $p_1, \dots, p_n \in C$ に対して、 $f(p_1) \neq \emptyset$, $f(p_1) \neq \emptyset$ のとき

$$f(p_1) = f(p_1)$$

が成立する。

(条件4) $p_1(r_0, r_0)$ $p_1 \in R$ に対して、

$$f(p_1) \neq \emptyset, f(p_1) \neq \emptyset$$

$$f(p_1)(r_0, r_0) = f(p_1)$$

が成立する。

(条件5) $\alpha = [p_1, \alpha] - [p_1, \beta] \in S$ に対して、 $f(p_1) \neq \emptyset$, $f(p_1) \neq \emptyset$ のとき、

$$g(\alpha)$$

する。今、

$$f(\alpha_1) = 1$$

$$f(\alpha_2) = 2$$

$$f(\alpha_3) = 0$$

として、(条件1) から (条件6) をチェックする。(条件1)、(条件2) は明らかに満たされる。

(条件3) は C の要素 1-2 に対して、先に説明したように、 $\alpha_1, \dots, \alpha_n$ が成立立ち。(条件4) は、 R の要素 0 (> 0) 1 に対して、 $\alpha_1, \dots, \alpha_n$ が成立立つので、満足される。また、(条件5)、(条件6) は、 S の要素 $\alpha = [0, b] - [1, t]$ に対して、同じく先に説明したように $[r_1, t] - [\alpha_1, b]$ が成立立つので、やはり満足される。したがって、図解 f, g が見つかったことになる。

さらに、第 15 図に示した p ラベル $\langle 5, 3 \rangle$ をもつ曲線のよう、度数の仕方によって、文字「0」にも「6」にも適合する可能性のあるもの

$$[f(p_1), \alpha] = [f(p_1), \beta]$$

が成立する。

(条件6) $m_\alpha(\alpha) = 1$ であるような任意の $\alpha \in S$ に対して、 $g(\alpha) \neq \emptyset$ 、かつ $g(\alpha_1), g(\alpha_2) \in S$ であるような任意の $\alpha_1, \alpha_2 \in S$ に対して、 $g(\alpha_1) \cap g(\alpha_2) \neq \emptyset$ ならば、 $\alpha = \alpha_1$ が成立立つ。

多量 f, g を求めるには、バックトラック法などによって、(条件1) から (条件4) を満足する f を計算し、その f のもとで、(条件5) と (条件6) を満足する g を同様に計算すればよい。

例として、カテゴリー「5」と、第 3 図 (c) の図形の適合を行ってみる。第 3 図 (c) のグラフを逆換したストロークグラフ (第 5 図 (c)) に、曲線構造解析を適用すると、3つの p ラベル $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ 、

$$(\delta_{\alpha\alpha}(\alpha_1) = \langle 2, 2 \rangle, \delta_{\alpha\alpha}(\alpha_2) = \langle 3, 4 \rangle,$$

$$(\delta_{\alpha\alpha}(\alpha_3) = \langle 1, 2 \rangle)$$

が得られる。これは、第 12 図で説明した p ラベル (4), (5), (6) に相当

に対しては、曲線の形を記述するパラメータベクトルに対して、旗針解析を適用することによって、即座な区別を行うことができる。例えば、第 15 図の曲線では、 $d = \sum_{i=0}^5 d_i$ として、ベクトル $(d, d/d, d_0/d, \dots, d_5/d)$ に、旗針解析を適用することにより、「0」と「6」を区別できる。

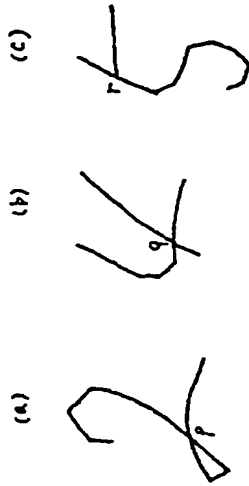
(発明の効果)

(1) 図求項(1)では、曲線の特異点において、その特異点に接続する区間の局所的な変化方向の旗針により、明らかにしながら区別の対を構成するように特異点を分解・旗針して、区間ストローク成分を得る。これは、特異点での方向変化のゆがみを考慮して、曲線を一定がとれる成分に分解していることであるので、人間の直感にあった区別を得ることができる。

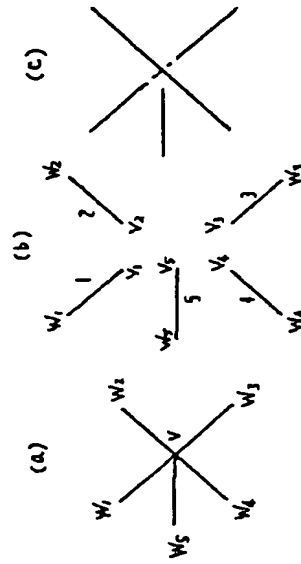
(2) 図求項(2)では、プリミティブ系列とその上での 2 項関係を利用し、しかも、代数的に定義したので、拡張が容易であり、図形について

特開平3-108079 (11)

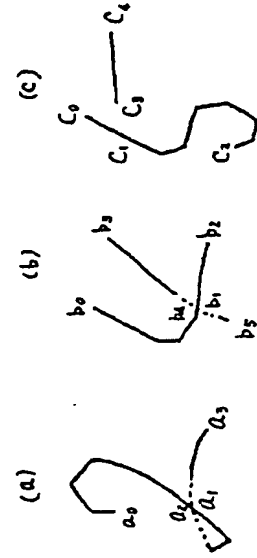
第3図



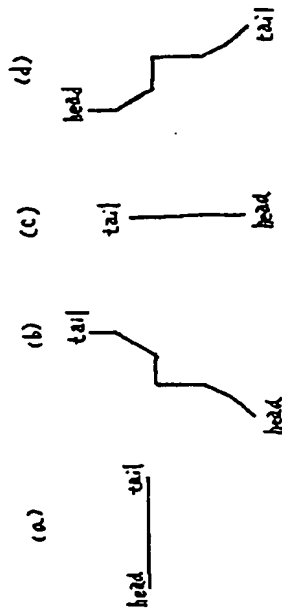
第4図



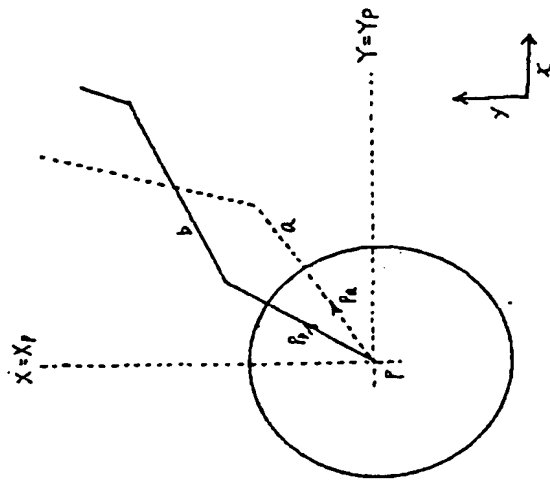
第5図



第6図

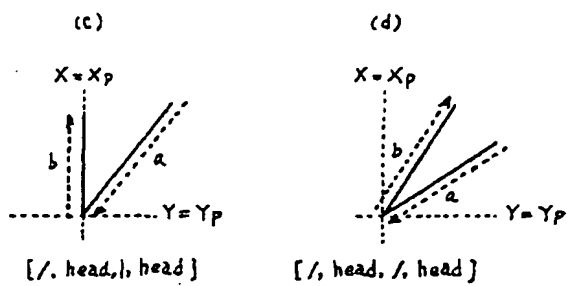
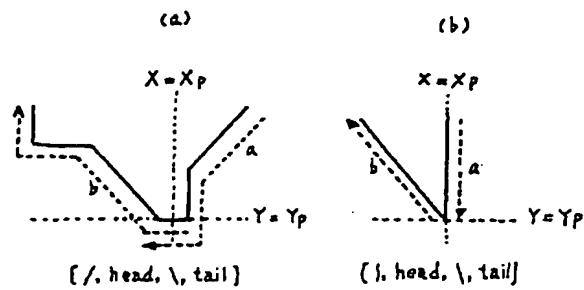


第7図

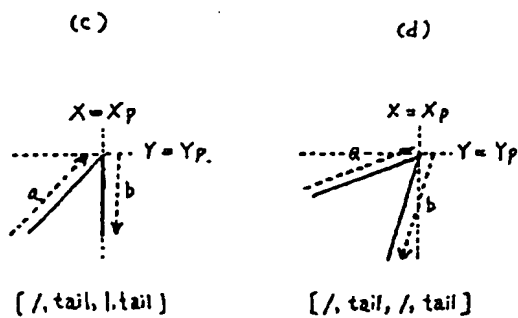
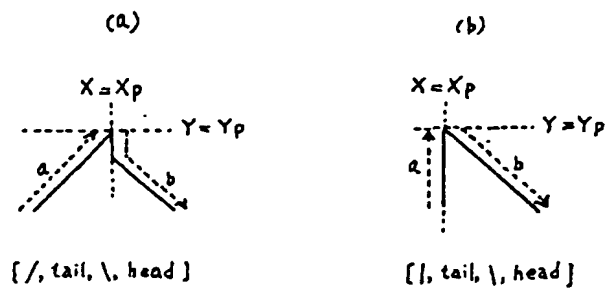


特開平3-108079 (12)

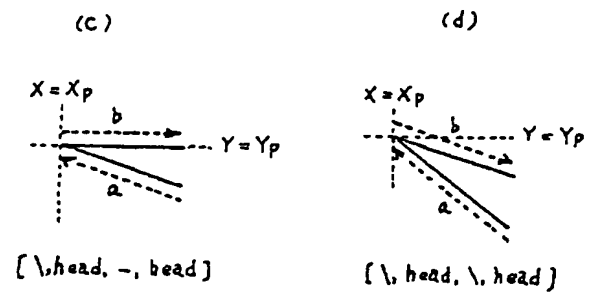
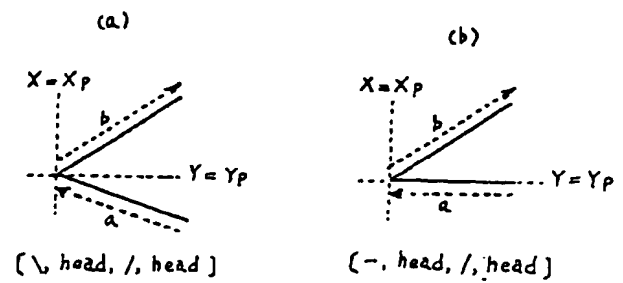
第 8 図



第 10 図



第 9 図



第 11 図

